

52775-024
NAKAYAMA et al.
September 16, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 1 7 日
Date of Application:

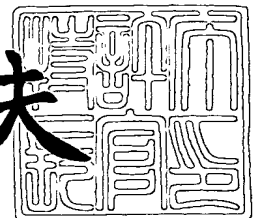
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 7 5 9 3 5
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 2 7 5 9 3 5]

出 願 人 住 友 電 気 工 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 3 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



k-46sup

出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 1 0 7 9

【書類名】 特許願
【整理番号】 103I0210
【提出日】 平成15年 7月17日
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿
【国際特許分類】 H01L 21/304
C30B 29/38
H01S 03/18

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号住友電気工業株式会社伊丹製作所内
【氏名】 中山 雅博

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号住友電気工業株式会社伊丹製作所内
【氏名】 入倉 正登

【特許出願人】
【識別番号】 000002130
【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社
【代表者】 岡山 紀男

【代理人】
【識別番号】 100079887
【住所又は居所】 大阪府大阪市東成区中道 3 丁目 1 5 番 1 6 号毎日東ビル 7 0 5
【弁理士】
【氏名又は名称】 川瀬 茂樹
【電話番号】 06-6974-6321

【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2003- 98979
【出願日】 平成15年 4月 2日提出の特許願

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 000516
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9715687

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

エッジ部の面粗度が $R a 10 \text{ nm} \sim R a 5 \mu \text{ m}$ であることを特徴とするエッジ研磨した窒化物半導体基板。

【請求項 2】

エッジ部の面粗度が $R a 10 \text{ nm} \sim R a 5 \mu \text{ m}$ であることを特徴とするエッジ研磨した $G a N$ 自立基板。

【請求項 3】

エッジ部の面粗度が $R a 10 \text{ nm} \sim R a 1 \mu \text{ m}$ であることを特徴とするエッジ研磨した $G a N$ 自立基板。

【請求項 4】

エッジ部の面粗度が $R a 10 \text{ nm} \sim R a 0.1 \mu \text{ m}$ であることを特徴とするエッジ研磨した $G a N$ 自立基板。

【請求項 5】

硬脆性材料である窒化物半導体基板のエッジ部を支持母体が柔軟でかつ連続的に切刃が供給できる砥石を使って加工することを特徴とする窒化物半導体基板のエッジ加工方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】 エッジ研磨した窒化物半導体基板とエッジ研磨したGaN自立基板及び窒化物半導体基板のエッジ加工方法

【技術分野】

【0001】

本発明は円形単結晶窒化物半導体基板（ウエハ）、特にGaN基板のエッジ部の改良に関する。エッジというのはウエハの周辺部分で尖っていてワレカケの原因になるから面取りする部分である。面取りのことをベベリングとも言う。窒化物半導体というのはGaN、InN、AlN等を意味する。いずれも硬脆性材料であり加工するのが難しい。

【0002】

良質で大型の単結晶GaN基板を製造するのは難しい。GaN自立基板は得られているが未だに小さい矩形のものが多くて（辺長が10mm～20mm）青色レーザの基板として量産レベルで使用するのには難しい。InN、AlNの円形基板は未だほとんど製造されていない。

【0003】

円形のGaN単結晶基板もようやく製造可能になってきつつある。ウエハの周面はベベリング加工し斜めに面取りし割れや欠けが発生しないようにする。それはSiウエハやGaAsウエハではよく行われており回転砥石に周面を当ててウエハと回転砥石を同時に回転させて周面を削るようになっている。技術が成熟していないGaNの場合は円形ウエハというものがいまだ少ない。少ない円形GaNウエハであるが、そのウエハの面取りは粗い回転砥石（#100～#400）で回転研削されているのが現状である。

【背景技術】

【0004】

ウエハのベベリング加工についてはSiウエハ、GaAsウエハなどのウエハについて行われており、Siウエハについての改良は数多い。Siウエハについての公知文献を幾つか挙げて説明する。

【0005】

特許文献1は粒径が3～18nmの超微粒子ダイヤモンド粒子を5～30重量%含有し、粒径が5～8 μ mのダイヤモンド粒子を70～95%含むダイヤモンド砥石を回転させてウエハの側周に当てて側周を研削する手法を提案している。ダイヤモンド粒子の粒径が2段階になっており複雑な構成のダイヤモンド砥石である。従来は20 μ m粒径のダイヤモンド砥石を使っておりベベリングによって割れ、クラックが発生することがあったので、それを防ぐためにより細かい粒子のダイヤモンド砥石を用いることを提案すると言っている。細かい微粒子ダイヤモンドを使うので破碎層ができずクラックや割れなどが発生しない。それだけだと研削の速度が遅くなりすぎるので5～8 μ mの粒子のダイヤモンドをも使うようにしている。

【0006】

特許文献2はSiウエハは硬くて機械的に削り難く機械的に削る場合はダイヤモンド砥石を使わなければならない高コストになるのでSiウエハの側周面に電解液を与え電圧を掛けて電解研磨するようにしたものである。

【0007】

上に述べたものはSiウエハのベベリングである。

特許文献3は本出願人になるGaN基板のベベリングに関する発明である。

【0008】

【特許文献1】特開平9-181021号「ウエーハのベベリング加工方法」

【0009】

【特許文献2】特開平6-315830号「難削材のベベリング加工方法」

【0010】

【特許文献3】特開2002-356398「窒化ガリウムウエハ」

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本出願人は円形GaN基板のベベリングは粒度#100～#400（主に#200）のダイヤモンド砥粒を植え付けたメタルボンド系の円形砥石にGaNウエハを外接させて、周速が800m/分～2000m/分の速度で回転砥石とウエハを相対回転させてベベリングしている。図1にその工程を示す。GaN自立基板2の縁を回転砥石3に押し付けて尖った縁を除去する。回転砥石3には固定砥粒が植え付けられており研磨液を流しながらウエハの稜線を削る。回転砥石3とウエハ2は外接する。回転砥石の形状は様々である。その方法で面取り加工すると直径1mm分を減らすのに10分～20分かかる。エッジ形状はSEMIの標準に基づいたものになっている。

【0012】

図5に2インチ円形GaNウエハを加工する場合の寸法の例を示す。半径で1mmの研削代が必要なので2インチウエハの場合、52mm直径で厚みが520 μ mのGaN基板を作製する。その周面に方位を表すOF、IFをダイサーもしくは研削用砥石で加工する。OFの長さは16mm、IFは7mmである。OFは周縁から2.32mmの直線にそって削る。表面が手前にくるときOF、IFと時計廻りに並ぶように付ける。そのような寸法が予め決まっている。

【0013】

従来のエッジ研磨は、図1のように、52mm直径のOF、IF付きのGaNウエハをメタルボンドダイヤモンド回転砥石に外接させて砥石を回転させ外形を50mmになるまで研削する。直径を2mm減らすので、それによると約20分～40分かかる。加工時間は比較的短くてすむ。そのようなエッジの加工によってエッジ部の面粗度Raは1000nm～6000nm（10 μ m～6 μ m）になる。加工が完了すれば良いが、加工中に周辺にカケ、チッピングが発生して、さらにはクラックが走ることもある。Ra5 μ mより小さくしたいが前記のようなメタルボンドダイヤモンド回転砥石によってはばらつきなくRa6 μ m以下にはできない。周辺のカケ、チッピングを抑制し、なおかつ、面粗度を改善する方策の一つとして、上記メタル系ボンド砥石を使い、加工速度を極小にして長時間かけてエッジ加工する方法が考えられる。実際には、2mm直径を減らすのに、10時間以上かけるとRaは3 μ m程度まで抑制できる。しかるに、砥石の消耗が大きく、かつ、目詰まりによりエッジ品質（面粗度、カケ、チッピング）が安定して得られない。

【0014】

#200の砥粒というのは前記の特許文献1などでSiウエハをベベリングするものより粗い砥粒である。だからRa10 μ m～6 μ mというように粗い面となる。

【0015】

そのように本発明者はGaNの面取りのため、かなり粗い砥石を使っている。GaNウエハは硬くて脆いので加工が難しく、回転砥石に外接させてエッジを削るとウエハ縁が加工中に破損する恐れがある。破損しなかったとしても上記の粗い面粗度（Ra=10 μ m～6 μ m）となる。面粗度が大きいので加工後にも問題がある。粗い面を周辺に有するウエハは端からクラックや割れが発生することもある。さらに面にスクラッチが発生しやすいという難点もある。エッジが粗い面となっているので研削屑、研磨屑が凹凸部に取り込まれやすいということもある。

【0016】

より細かい砥粒の回転砥石を使えばよいように思える。しかし、それ以上細かいダイヤモンド砥粒の砥石を用いると周面研削にかかる時間が長くなりすぎてコスト高になる。また砥石が目詰まりしやくなり砥石の寿命が短くなる。それだけでなくウエハ自体が割れたり欠けたり破損する可能性も高くなる。研削時間や目詰まり、破損の可能性などを考えるとより細かい砥粒の回転砥石でGaNのベベリングをするのは難しい。

【0017】

エッジ部からクラックが発生する恐れがないようにしたGaN自立基板を提供することが本発明の第1の目的である。

【0018】

エッジ部から割れ、スクラッチが発生しないようにしたGaN自立基板を提供することが本発明の第2の目的である。

【0019】

エッジ部のためにパーティクル付着、ごみ汚染が起こらないようにしたGaN自立基板を提供することが本発明の第3の目的である。また、本発明はGaNだけではなく、AlN、InN等の窒化物半導体基板にも適用することができる。

【課題を解決するための手段】**【0020】**

本発明は円形GaN自立ウエハのエッジ部を研磨して面粗度をRa5 μ m以下とする。Ra5 μ m以下だとクラック発生率を50%以下に抑えることができる。あるいは円形GaN自立ウエハのエッジ部の面粗度を1 μ m以下とする。

さらにはエッジ部の面粗度をRa0.1 μ m以下とする。いずれの場合も面粗度の下限はRa10nm程度である。それは表面の精密研磨の面粗度でありエッジ部は表面の面粗度以上に細かくする必要はない。だから本発明のGaNウエハのエッジ面粗度は

【0021】

- (1) Ra5 μ m～Ra10nm
- (2) Ra1 μ m～Ra10nm
- (3) Ra0.1 μ m～Ra10nm

【0022】

という範囲に入る。図6はエッジ部を本発明に従ってベベリングしたGaNの断面図を示す。エッジ部6は丸くなっているが傾斜部分はより直線的であってもよい。エッジ部の研磨は支持母体が柔軟で連続的に切刃を供給できるような砥石を使って行う。たとえばテープ砥石を使うとよい。テープで研磨するので中央部分は自然に丸味を帯びる。

【0023】

そのようにエッジ面を平滑にするとクラック発生率は減少して歩留まりは向上する。ウエハプロセス、搬送時のワレ、カケの可能性も少なくなる。

【0024】

そのための研磨法は図1のような回転砥石によらず砥石テープを使う。

テープ砥石というのは布紙等のテープに砥粒を植え付けたものである。図2、図3に砥石テープ4をウエハ2の周辺部6に当ててウエハを回転させ周辺部（エッジ部）を研磨している様子を示す。砥粒5を植え付けているが支持母体がテープなので自在に曲がる。曲がり挠んでエッジ6の廻りを厚く覆う。基材が金属円板などでなくてテープ状であるので柔軟でありウエハに強い力が掛からない。砥粒の細かいものを使えばウエハ周面が研削中に割れるという恐れはない。細かい砥粒を付着させた砥石なので研削に時間がかかるが高価なウエハであるから、それは差し支えないことである。

【0025】

それに接触面積が異なる。回転砥石とウエハの接触の場合（図1）は外接ということになるから点接触である。接触面積が極めて狭く、それだけ単位面積あたりの接触圧も大きいので割れ易いのである。しかしテープ砥石（図3）だとテープが自在に曲がるから接触部分がEFGとなり接触の面積が大きくなる。テープにウエハが内接する。中心角EOGにして40°～90°というような接触角を実現することは容易である。接触面積は円周方向にも広いが厚み方向（図2）にも広い。接触面積が広いから単位面積当たりの圧力も少なくなり加工中の割れの可能性はより少なくなる。

【0026】

回転砥石の場合と違い砥粒が不断に交換される（送り速度Uで）ので目詰まりなどの心配はない。

【発明の効果】**【0027】**

本発明はエッジ部の面粗度を小さくしたGaN自立基板を提供する。そのようにエッジ

面を平滑にするとクラック発生率は減少して歩留まりは向上する。図4に示すように、従来法によるエッジ部の面粗度が $Ra\ 10\ \mu m \sim 6\ \mu m$ の場合だとクラック発生率は60%を越え不良率が高すぎる。本発明はエッジ部の面粗度を $Ra\ 5\ \mu m$ 以下にするのでクラック発生率を50%以下にできる。また本発明はエッジ部を $Ra\ 1\ \mu m$ 以下にもでき、その場合はクラックの発生を10%以下とできる。さらに $Ra\ 0.1\ \mu m$ 以下とすると6%以下とすることができる。クラックだけでなく、ウエハプロセス、搬送時のワレ、カケの可能性も少なくなる。研削屑、研磨屑、異物噛み込みによる汚染の可能性も減る。それによって、より高品質のGaN自立基板、AlN、InN等の窒化物半導体基板を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

砥石テープをGaNウエハの周面にあててGaNウエハを回転させながら側周面をベリングするようにしエッジの面粗度を

【0029】

(1) $Ra = 5000\ nm \sim 10\ nm$

としたのが本発明のGaN基板である。また好ましくは

【0030】

(2) $Ra = 1000\ nm \sim 10\ nm$

とする。最も良いのはエッジ部の面粗度が

【0031】

(3) $Ra = 100\ nm \sim 10\ nm$

とすることである。

【0032】

テープ面に砥石を付着させたテープ砥石をGaN基板の側周にあてGaN基板を回転させることによってGaN基板の周辺部を研削する。回転砥石の場合と違って、ウエハを回転させることによって周面を研削する。

【0033】

制御可能な変数は、テープ砥石の砥粒の大きさ(#)、テープとウエハ周辺部の押圧力Fと、ウエハの周速V(回転数×半径)、研磨時間H、テープ送り速度U、研磨液などである。1段階研磨、2段階研磨、3段階研磨などが可能である。複数段の研磨の場合は砥粒の大きい砥石テープから順に砥粒の細かい砥石テープへ変えてゆく。

【0034】

砥石テープの砥粒のサイズは#500～#3000である。テープの送り速度Uは砥粒メッシュにもよるが10mm～30mm/分程度である。細かい粒子の砥石テープほど減耗が早いから、送り速度は速くなる。砥石面が常に更新されるので目詰まりの恐れがなく、細かい砥粒を使うことができる。

【0035】

実質的に機械研磨なので研磨液は水でよい。それは接触部分を冷却し接触抵抗を下げる作用がある。加工時間は砥粒によるが粗研削の場合は短く、細かい研磨では長くなる。加工時間Hも加工の段階によって相違する。各段階で1時間～10時間の程度である。砥粒が細くなるほど加工時間Hも長くする。図1の場合の回転砥石の場合(20～40分)に比べて加工時間が長くなるのが欠点であるがその分エッジ面粗度Raが向上するのでそれはやむをえない。

【0036】

約7時間で研削代が直径で2mmぐらいになる。1枚の研削に13m程度のテープ砥石が必要であるが、10m程度まで削減できる可能性がある。また、本発明はGaNだけではなく、AlN、InN等の窒化物半導体基板にも適用することができる。

【実施例1】

【0037】

外形52mmφ、520μmtのGaN基板を予め、ダイサー等でOF(16mm)、

I F (7 mm) 加工した。図 5 に示すとおりである。

それをアライメント (芯出し) して周辺部に # 800 のエンドレス砥石テープを当て一定の押圧力 (7 kg/cm^2) でベベリング加工した。砥石テープの送り速度は $U = 10 \text{ mm/分}$ である。切削水 (クーラント) をワークに掛けながら 2 時間加工した。縁部 (エッジ部) の面粗度は A F M 測定で $R a = 0.9 \mu\text{m}$ であった。

【0038】

次に # 2000 の砥石テープを使って同じように一定の圧力を掛けてウエハの周辺部をベベリング加工した。送り速度は $U = 20 \text{ mm/分}$ である。加工時間は約 5 時間であった。周辺部 (エッジ部) の面粗度は A F M 測定で $R a = 0.3 \mu\text{m}$ であった。

【0039】

さらに # 3000 の砥石テープを使って $U = 30 \text{ mm/分}$ で送り、6.5 時間周辺部をベベリングした。周辺部 (エッジ部) の面粗度は A F M 測定で $R a = 0.1 \mu\text{m}$ となった。

【0040】

本発明の第 1 の目的は G a N ウエハのエッジ部の面粗度を $R a 5 \mu\text{m}$ 以下にすることである。それは第 1 段階の砥石テープ (# 800) による研磨ですでに達成 ($R a 0.9 \mu\text{m}$) されている。 $R a 1 \mu\text{m}$ 以下でクラック発生率が 10 % 程度に落ちるのでエッジ面粗度を $R a 1 \mu\text{m}$ 以下にするのは有用である。

【0041】

さらに第 2 段階の砥石テープ (# 2000) によるエッジ研磨で $R a 300 \text{ nm}$ となり、第 3 段階の砥石テープ (# 3000) による研磨で $R a 100 \text{ nm}$ になる。それは優れたエッジ平滑度であってクラック発生率は 5 ~ 8 % の程度である。クラック発生する要因はエッジ面粗度以外にもあるので、それは優れた効果である。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図 1】傾斜面をもった回転砥石をウエハの縁に接触させウエハの縁を面取りしている従来例にかかるウエハ面取り方法を示す断面図。

【図 2】砥石テープを自立 G a N ウエハの縁に接触させて砥石テープを縁の角度方向にそって動かすことによってウエハ周辺部を面取り加工するようにした本発明の砥石テープ法を示すためのウエハの縦断面図。

【図 3】砥石テープを自立 G a N ウエハの縁に接触させて砥石テープを縁の角度方向にそって動かすことによってウエハ周辺部を面取り加工するようにした本発明の砥石テープ法を示すためのウエハの横断面図。

【図 4】G a N ウエハの縁の面粗度 $R a (\mu\text{m})$ とクラック発生率 (%) との関係を示すグラフ。横軸は周辺部 (エッジ部) の面粗度 $R a$ で縦軸はクラック発生率である。

【図 5】2 インチ G a N ウエハの例で、外形 $52 \text{ mm } \phi$ 、 $520 \mu\text{m t}$ の円形 G a N 自立基板にオリエンテーションフラット (O F) と、アイデンティフィケーションフラット (I F) を加工したのち、本発明の手法に従って砥石テープによってウエハの周辺部 (エッジ) を加工し直径で 2 mm 分 (半径 1 mm 分) を削り周面部を所定の面粗度にする工程においてウエハの各部分の寸法を示す図。

【図 6】砥石テープによって周辺部を所定の面粗度になるように加工した G a N ウエハの拡大断面図。

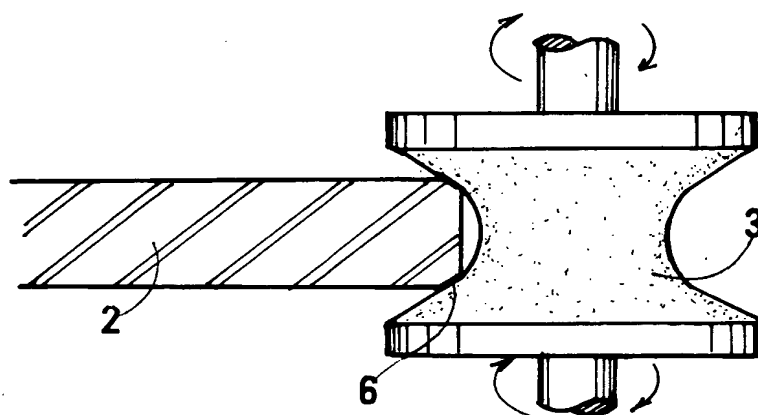
【符号の説明】

【0043】

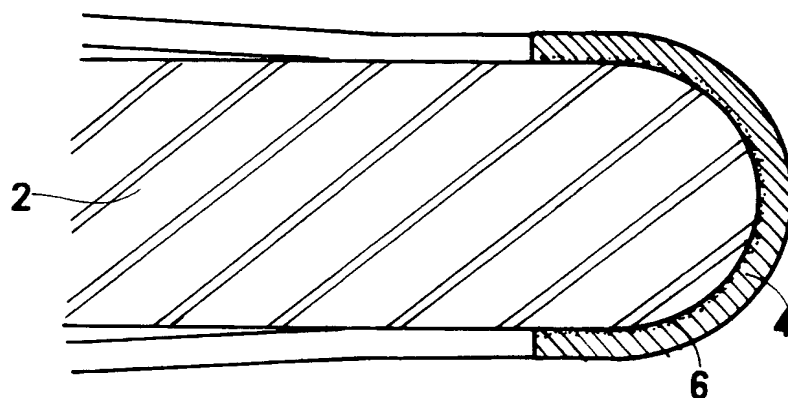
- 2 G a N ウエハ
- 3 回転砥石
- 4 砥石テープ
- 5 固定砥粒
- 6 周辺部 (エッジ部)

【書類名】 図面

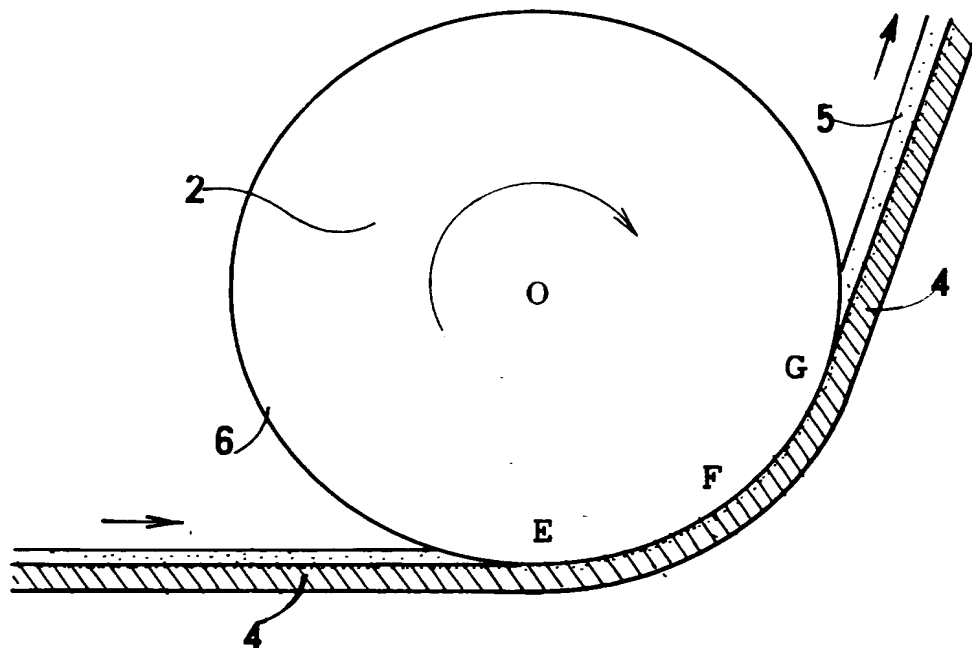
【図 1】



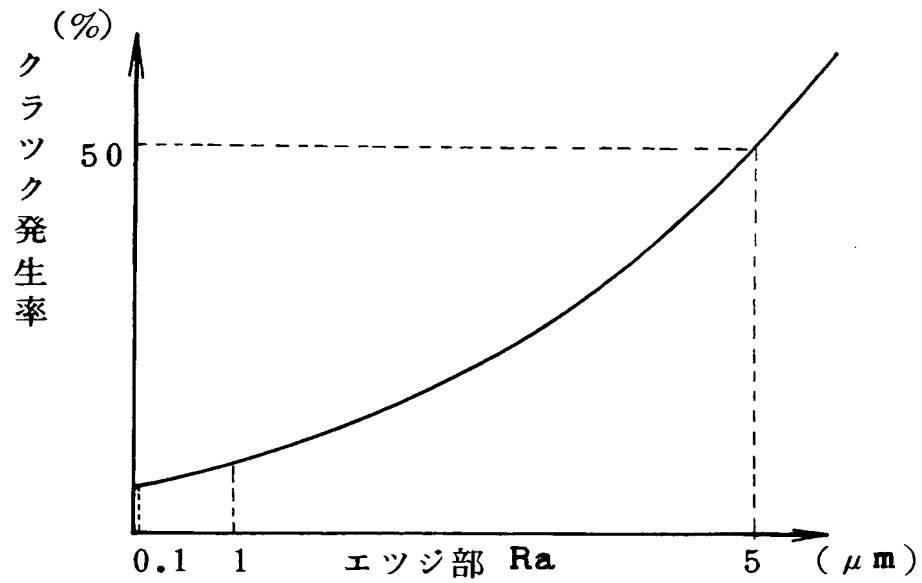
【図 2】



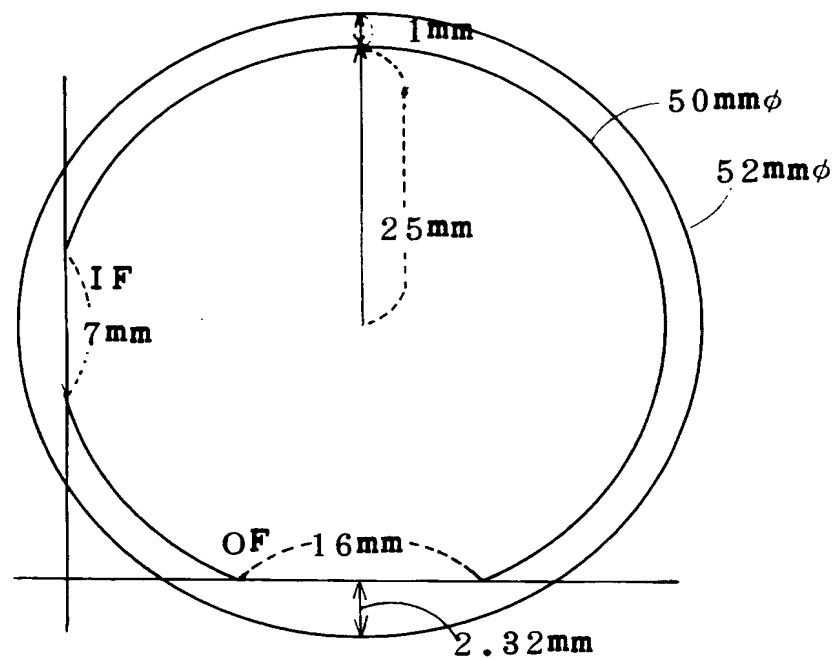
【図 3】



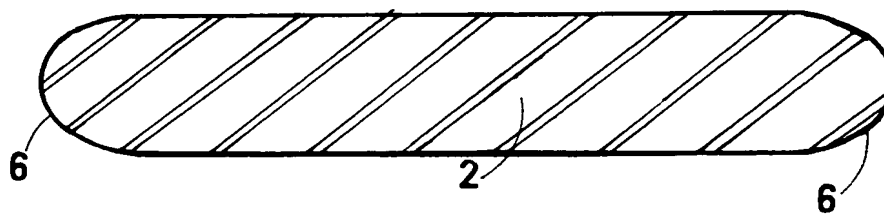
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 円形 GaN 自立ウエハがやっと製造可能になってきた。エッジ部を回転砥石で斜めに研削する（ベベリング）がエッジ部の面粗度が悪く（Ra 10 μ m \sim 6 μ m）、ウエハのカケ、割れ、クラックなどが生ずる原因となっていた。

【解決手段】 円形自立 GaN ウエハのエッジ部の面粗度を Ra 10 nm \sim Ra 5 μ m とする。好ましくは Ra 10 nm \sim Ra 1 μ m とする。より好ましくは Ra 10 nm \sim 0.1 μ m とする。砥石テープを用いてウエハの側周を弱くて均一な押圧力で抑えながらウエハを回転させ砥石テープを変えて加工する。砥石テープは不断に変わるので粒子の細かいものを使っても目詰まりということはない。細かい粒子の砥石テープによってウエハエッジ部を優れた平滑度に仕上げることができる。また、GaN だけでなく他の窒化物半導体基板にもこの手段は適用できる。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 3 - 2 7 5 9 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 1 3 0]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名 住友電気工業株式会社